

VERDIR QUÉBEC POUR AUGMENTER LA RÉSILIENCE ET L'ÉQUITÉ :

ÉTUDE DES PRÉFÉRENCES CITOYENNES À L'ÉGARD DE LA FORÊT URBAINE



RÉDACTION :

Félix L. Landry, M. Sc. A. – Université du Québec en Outaouais

Christian Messier, Ph. D. – Université du Québec en Outaouais, Université du Québec à Montréal

Jie He, Ph. D. – Université de Sherbrooke

Audrey Smargiassi, Ph. D. – Université de Montréal

Dan Kneeshaw, Ph. D. – Université du Québec à Montréal

Alain Paquette, Ph. D. – Université du Québec à Montréal

Jérôme Dupras, Ph. D. – Université du Québec en Outaouais

COLLECTE DE DONNÉES ET ANALYSES :

Félix L. Landry, M. Sc. A. – Université du Québec en Outaouais

RÉVISION ET PRODUCTION :

Catherine Hallmich – Fondation David Suzuki

Mise en page : Annie Trudeau – Fondation David Suzuki

Photo de couverture : Sigmund

ISBN : 978-1-988424-77-4

CITATION SUGGÉRÉE :

Landry, F. (2021). Verdir Québec pour augmenter la résilience et l'équité : étude des préférences citoyennes envers la forêt urbaine. Fondation David Suzuki. P31.

Cette étude est le fruit de la collaboration entre la Chaire de recherche du Canada en économie écologique, la Fondation David Suzuki et une équipe de chercheurs réunis dans le cadre du projet Laboratoire sur la forêt urbaine pour la santé financé par le programme AUDACE des Fonds de recherche du Québec et dirigé par la professeure Audrey Smargiassi.

La recherche menée auprès de répondants de Québec a été évaluée et approuvée par un comité d'éthique de la recherche reconnu par l'Université de Montréal et l'Université du Québec en Outaouais avant qu'elle ne soit entreprise.

LA CHAIRE DE RECHERCHE DU CANADA EN ÉCONOMIE ÉCOLOGIQUE

La Chaire de recherche du Canada en économie écologique de l'Université du Québec en Outaouais, constituée d'une équipe de 26 chercheur.e.s, professionnel.le.s et étudiant.e.s gradué.e.s, a pour objectif de mieux comprendre et de mesurer la contribution de la biodiversité et des écosystèmes au bien-être humain. Dans cette ère de grands bouleversements environnementaux, où les effets des changements climatiques et de l'érosion de la biodiversité constituent des préoccupations majeures à l'échelle mondiale, l'équipe de la Chaire vise, par ses travaux de recherche, à donner de nouveaux éclairages sur diverses questions de société, et à faire la démonstration scientifique qu'il est possible de concilier environnement et économie, et le bien-être des communautés. Les travaux de la Chaire permettent de faire progresser la recherche et les connaissances dans les domaines de l'économie écologique et des services écosystémiques, par la production de savoirs nouveaux, le développement méthodologique et le développement de perspectives nouvelles sur la gestion des écosystèmes. L'originalité de son programme de recherche réside dans une démarche interdisciplinaire qui permet la combinaison des éléments des sciences que sont la géographie, l'écologie, l'aménagement du territoire et l'économie. Les résultats de cette approche hautement intégrative offrent une lecture à la fois pertinente des interactions humains-territoire pour les praticiens de l'interdisciplinarité en sciences et les acteurs de la gouvernance territoriale. Ce programme trouve écho autant dans la littérature scientifique, les applications pratiques, qu'auprès du grand public.

FONDATION DAVID SUZUKI

Établie en 1990, la Fondation David Suzuki a pour mission de protéger l'environnement et notre qualité de vie, maintenant et pour l'avenir. Par la science, la sensibilisation et l'engagement du public, et des partenariats avec les entreprises, les gouvernements et les acteurs de la société civile, la Fondation œuvre à définir et à mettre en place des solutions permettant de vivre en équilibre avec la nature. La Fondation compte sur l'appui de 300 000 sympathisants à travers le Canada, dont près de 100 000 au Québec.

Préface

La Ville de Québec, comme tant d'autres villes à travers le monde, subit les conséquences des changements climatiques. Les vagues de chaleur intenses, les événements de météo extrêmes, les précipitations abondantes et les inondations ne sont que quelques exemples de perturbations grandissantes qui menacent la qualité de vie des gens de Québec et dont les effets néfastes s'intensifieront d'ici 2050. Alors que la triple crise du climat, de la pollution et de la perte de biodiversité nous somme d'agir urgemment, il est primordial que la Ville de Québec mette en œuvre des mesures d'adaptation visant à augmenter la résilience de sa population et de son environnement.

Tout comme la nature est menacée par les changements climatiques, elle est aussi une alliée dans la lutte contre ces changements. En effet, les infrastructures naturelles représentent l'une des solutions d'adaptation climatique les plus efficaces du point de vue de la résilience, de l'acceptabilité sociale et de la rentabilité économique. En ville, la population interagit au quotidien avec sa forêt urbaine, lui fournissant non seulement une protection contre les aléas des changements climatiques, mais aussi une multitude de bienfaits physiques et émotionnels. Les résident.e.s étant les principaux bénéficiaires de la forêt urbaine, cette dernière doit cependant être adaptée à leurs besoins particuliers et distribuée de manière à ce que ses bénéfices soient ressentis équitablement par l'ensemble de la population.

Ce rapport met en lumière les préférences, jusqu'ici méconnues, de la population de Québec envers la densité et la diversité de sa forêt urbaine et démontre clairement un désir de consacrer les fonds publics nécessaires pour augmenter son verdissement. Ce résultat envoie un message clair aux décideurs municipaux d'investir dans leur infrastructure verte en se souciant de l'acceptabilité sociale et de la répartition équitable de ses bénéfices. Nous espérons que cette étude, qui a également été menée pour Montréal, Ottawa et Toronto, encourage la réorientation des investissements publics sur la résilience climatique équitable dans l'ensemble des collectivités canadiennes et qu'elle guide le gouvernement fédéral dans la mise en œuvre de son projet de plantation de deux milliards d'arbres d'ici 2030.

Ce rapport s'inscrit dans l'Espace Conscience Climatique de la Fondation David Suzuki, qui vise à élargir les connaissances, la recherche, la mobilisation et l'engagement du public sur les questions climatiques, de l'échelle municipale à l'échelle internationale. L'Espace Conscience Climatique est un lieu où se créent des collaborations innovantes visant à décarboniser et à adapter la société de manière décentralisée et équitable, afin de faire progresser la justice climatique intergénérationnelle.

Catherine Hallmich

Cheffe des projets scientifiques

Fondation David Suzuki

Table des matières

SOMMAIRE EXÉCUTIF	i
1 INTRODUCTION	1
1.1 Les bienfaits des arbres en ville	1
1.2 Les inégalités environnementales	3
1.3 Le point de vue du résident	3
1.4 Objectifs du rapport	4
2 DESCRIPTION DU TERRITOIRE QUÉBÉCOIS	5
3 MÉTHODE – EN BREF	7
3.1 Création des scénarios	7
3.2 Sondage en ligne	9
3.3 Analyse des données	9
4 RÉSULTATS	10
4.1 Description de l'échantillon	10
4.2 Résultats du modèle général	12
4.3 La volonté à payer	13
5 DISCUSSION ET RECOMMANDATIONS	14
5.1 Densité	14
5.2 Diversité	15
5.3 Aspect visuel et diversité structurelle	17
5.4 Proportion de conifères	19
6 CONCLUSION	20
7 RÉFÉRENCES	21

Tableaux et figures

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Attributs de la forêt urbaine utilisés dans la modélisation de choix.	8
Tableau 2 : Résultats du modèle pour la ville de Québec.	12

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Cartes de la ville de Québec.	6
Figure 2 : Exemple d'un ensemble de choix.	8
Figure 3 : Comparaison de la composition socio-démographique de l'échantillon de répondants pour Québec avec les données du recensement canadien de 2016 pour la même ville.	11
Figure 4 : Volonté à payer (\$) relative pour chaque niveau d'attribut (intervalle de confiance 95%*).	13
Figure 5 : Diversité de la forêt urbaine mesurée par le nombre effectif d'espèces (NEE) à l'échelle des secteurs de recensement.	16
Figure 6 : Illustration du « rapport des chances » (odds ratio) pour les niveaux de l'attribut « aspect visuel ».	17
Figure 7 : Schématisation de l'évolution de la volonté à payer moyenne pour les niveaux d'attributs présentés aux répondants.	18

Sommaire exécutif

Les forêts urbaines, composées des arbres et arbustes d'un territoire urbain, contribuent au bien-être des municipalités et de leurs citoyen.e.s, car elles permettent d'atténuer les effets néfastes des zones urbaines, comme la pollution atmosphérique, les îlots de chaleur ou le bruit, d'améliorer la santé des résident.e.s et d'augmenter la résilience urbaine face aux perturbations, notamment celles causées par les changements globaux. Avec plus de 80 % des Canadiens vivant dans les milieux urbains, plusieurs villes canadiennes, dont Québec, mettent en œuvre des plans de verdissement pour augmenter leur canopée et ainsi la production de services écosystémiques. Or, ces objectifs environnementaux et économiques négligent souvent les considérations sociales. La population des villes étant la principale bénéficiaire de ces services, s'informer de ses préférences est essentiel pour, entre autres, s'assurer de l'acceptabilité des projets de verdissement dans les communautés aux réalités culturelles et socioéconomiques différentes. Dans l'optique d'une gestion de la forêt urbaine équitable qui répond aux besoins de ses résident.e.s, ce rapport vise donc à déterminer de manière scientifiquement rigoureuse les caractéristiques de la forêt urbaine que préfère la population de Québec selon divers paramètres sociodémographiques et de formuler des recommandations afin d'élaborer la planification de sa forêt urbaine.

Cette étude, réalisée à l'aide d'une méthodologie fondée sur la modélisation de choix, vise à mesurer la préférence des résident.e.s de Québec en fonction de cinq attributs de la forêt urbaine : la densité, la diversité, la proportion conifères/feuillus, l'aspect visuel (une manière visuelle de représenter la diversité structurelle) et les coûts associés. L'analyse des données de sondage récoltées auprès de 300 répondants révèle que ceux-ci préfèrent une forêt urbaine comprenant une plus forte densité d'arbres, une plus grande diversité d'espèces d'arbres, une présence d'arbustes sur rue et une quantité de conifères équivalente à l'actuelle; ils sont prêts à déboursier une valeur respective de 1,08 \$, 8,16 \$, 31,99 \$ et -0,50 \$ par personne par année via l'augmentation des taxes municipales. Ces coûts, combinés et rapportés à l'ensemble de la population de Québec, représentent une volonté à payer annuelle de 26,8 millions de dollars, ce qui est supérieur aux 21,2 millions de dollars prévus au budget 2021 de la Ville de Québec pour mettre en œuvre son plan de verdissement « La Vision de l'arbre ». Ces résultats démontrent une volonté populaire favorable à réorienter les fonds publics vers la bonification des infrastructures naturelles et la résilience aux changements climatiques.

Ces résultats indiquent cependant que les Québécois.es désirent un aménagement forestier différent des approches actuelles de verdissement et que la ville devrait orienter sa stratégie de verdissement selon les préférences de sa population pour permettre d'en maximiser l'acceptabilité sociale, et par le fait même, la résilience à long terme.

CONSTATS ET RECOMMANDATIONS :

1. Les objectifs d'augmentation de la canopée dans le plan de foresterie urbaine intitulé « La Vision de l'arbre » de la ville de Québec pourraient être plus ambitieux étant donné que les répondants disent préférer une forêt urbaine deux fois plus dense par rapport au niveau actuel et qu'ils sont prêts à payer plus de 1 million de dollars annuellement. La cible théorique de l'indice de canopée de Québec pour 2025 pourrait donc être de 64 % plutôt que de 35 %.
2. Les quartiers contenant une forte densité de population et une faible couverture arborée (p. ex., Saint Sauveur) devraient faire l'objet de plantations prioritaires, mais adaptées aux besoins et aux préférences, afin de maximiser la production de services écosystémiques tout en bénéficiant à une plus vaste population.
3. Les quartiers où la forêt urbaine est faiblement diversifiée (p. ex., Charlesbourg et Montcalm) devraient planifier le verdissement pour remédier à ce problème. Sans intervention, ces quartiers sont plus à risque de subir une dégradation rapide de leur forêt urbaine suite à une perturbation.
4. Les stratégies de verdissement en place à Québec devraient inclure la plantation d'arbustes sur rue. Cet attribut largement préféré par les répondants est très peu présent sur le territoire et permettrait d'augmenter rapidement la couverture arborée, la diversité, la résilience et la production de services écosystémiques de la forêt urbaine, ce qui se traduit par une volonté à payer totale de plus de 17 millions de dollars annuellement via l'augmentation des taxes municipales.



Mathilde Langevin

1. Introduction

Depuis plusieurs décennies, la population des zones urbaines est en constante augmentation. Selon les données de l'Organisation des Nations Unies, la proportion d'urbains est passée de 30 % en 1950 à 55 % à l'échelle mondiale. En Amérique du Nord, cette proportion atteint déjà 82 % (ONU, 2018). Le milieu de vie principal d'*Homo sapiens* est donc devenu la ville. Bien que les besoins des résident.e.s des villes soient généralement comblés par les infrastructures bâties, l'agriculture dans les régions environnantes et l'abondance de contacts sociaux qu'il est possible d'y avoir, habiter en zone urbaine n'est pas sans désavantages. On y trouve en effet une prépondérance de maladies mentales (Triguero-Mas *et al.*, 2015), une plus grande quantité de polluants atmosphériques (Molina et Molina, 2004), une température ambiante nettement plus élevée que dans la campagne environnante (Oke, 1973) et une dominance des espaces bétonnés sur les éléments naturels. Toutefois, ces effets néfastes peuvent être amoindris par les éléments naturels, comme le démontrent de nombreuses études scientifiques (Oke, 1973; Manes *et al.*, 2012; Pathak *et al.*, 2008). Les villes du Canada l'ont compris; plusieurs d'entre elles implantent d'ambitieux plans de verdissement pour augmenter la canopée (la surface du sol recouverte par la couronne des arbres) et ainsi améliorer la qualité de vie de leurs résident.e.s. Ces bénéfices fournis par la végétation sont bien connus et étudiés, comme en témoigne l'abondante littérature scientifique sur le sujet. Cependant, la distribution de cette végétation sur le territoire d'une ville est généralement inégale : les quartiers plus pauvres où se retrouve une population multiculturelle sont souvent dotés d'une canopée plus faible que leurs voisins riches et blancs. Bien documentées dans la littérature, ces inégalités se manifestent dans de nombreuses villes au monde, et celles du Canada n'y échappent pas (Landry *et al.*, 2020; Pham *et al.*, 2012). À l'inverse, peu



Sigmund

Ce sont dans les quartiers plus riches abritant une population plus blanche que la quantité d'arbres, de parcs ou d'autres éléments naturels est la plus élevée.

d'études se sont penchées sur la perception de ces inégalités, et donc de la configuration de la forêt urbaine, par les citoyen.e.s. Or, verdir les villes sans tenir compte des préférences des populations qui en bénéficieront pourrait occasionner des situations inattendues, notamment sur l'acceptabilité sociale des projets de plantation futurs, le sentiment d'appartenance des résident.e.s envers leur quartier et, par extension, la stabilité des dynamiques socioécologiques des zones urbaines. Ce rapport vise à explorer l'aspect jusqu'ici inconnu des préférences de la population à l'égard de sa forêt urbaine et ainsi relever des pistes de solution pour redonner la forêt urbaine à ses résident.e.s de manière équitable.

1.1 LES BIENFAITS DES ARBRES EN VILLE

Les éléments naturels qu'on trouve en ville fournissent à la population une multitude de bénéfices sous la forme de services écosystémiques (SE). Une littérature abondante et toujours grandissante sur le sujet fournit des renseignements sur la diversité ainsi que sur la quantité de SE produits par la végétation. La forêt urbaine, composée des arbres et arbustes d'un territoire urbain (Donovan, 2017), contribue à une grande part de ces bénéfices (Dobbs *et al.*, 2011; Gómez-Baggethun and Barton, 2013; Dupras *et al.*, 2015). De nombreuses études sur le sujet démontrent les avantages des arbres à plusieurs niveaux. Certains sont bien connus et étudiés depuis longtemps, comme la réduction des îlots de chaleur (Oke, 1982) ou la contribution des arbres à la valeur des propriétés (Desrosiers *et al.*, 2012). D'autres touchent les paramètres biophysiques qui rendent la ville habitable, comme la séquestration de polluants atmosphériques (Nowak, 2006; Manes *et al.*, 2012), la réduction du bruit (Pathak *et al.*, 2008) et la création d'habitats pour la biodiversité (Bastin et Thomas, 1999). Enfin, d'autres services dits « culturels » touchent les dynamiques sociales des populations qui en bénéficient. L'esthétisme (Sanders *et al.*, 2010), la cohésion sociale (Jennings et Bamkole, 2019), la perception de sécurité (Kuo et Sullivan, 2001) et le sentiment d'appartenance au milieu de vie (Proshansky, 1983; Altman and Low, 1992) sont des exemples de facteurs personnels ou sociaux influencés par la forêt urbaine. De récentes études montrent que l'ensemble de ces bénéfices contribuent à une meilleure santé physique (Wolch *et al.*, 2011) et mentale (Triguero-Mas *et al.*, 2015), en plus d'améliorer le bien-être des populations des quartiers contenant une plus grande quantité d'arbres et d'espaces verts. Une récente étude a également établi un lien entre la quantité de verdure en ville et une réduction de la propagation de la Covid-19 – 2,6 % moins de cas cumulatifs sont observés par tranche de 1 % d'augmentation de la couverture arborée à l'échelle d'une ville (You et Pan, 2020).

Ces nombreux avantages permettent chaque année aux citoyen.ne.s, villes et gouvernement d'économiser des milliards de dollars. En effet, si un arbre permet de réduire la température ambiante, cela correspond à une économie de coût en climatisation (Akbari, 2002) pour les citoyen.ne.s et une économie nette d'énergie électrique. Si la captation des polluants par le feuillage



DÉFINIR LA FORÊT URBAINE

La forêt urbaine prend diverses formes selon les définitions données par les chercheurs. Par « forêt urbaine », certains incluent seulement les massifs forestiers plus ou moins naturels qu'on trouve en ville (p. ex., certaines parties du parc du Mont-Royal à Montréal ou de High Park à Toronto). D'autres auteurs incluent également les arbres situés dans les parcs mais ne se trouvant pas dans un contexte « naturel ». Finalement, d'autres auteurs définissent la forêt urbaine comme l'ensemble des arbres situés sur un territoire urbain donné. Cette dernière définition est celle utilisée dans le présent rapport.

permet d'éviter des problèmes cardiorespiratoires, cela permet d'éviter des frais de santé autrement portés par la société. Ces coûts dits « de remplacement » ont été évalués à 51 milliards de dollars par la Banque TD en 2014 pour Vancouver, Montréal et Halifax (Alexander et DePratto, 2014). Ce montant représente, selon cette même source, un retour de 1,88 \$ à 12,70 \$ pour chaque dollar investi dans la plantation et l'entretien d'arbres urbains.

Bien que cet investissement soit rentable à long terme, il n'est pas garanti qu'il soit stable sur la même période. À la manière d'un placement bancaire, la diversité du portefeuille comme celui de la forêt urbaine permet d'augmenter cette résilience face aux perturbations. En effet, lorsqu'une espèce couvre largement un territoire, une perturbation touchant cette espèce peut détruire une proportion égale de la canopée. Réduire la proportion de cette espèce en augmentant la diversité de la forêt urbaine permet d'éviter ces éventuels événements catastrophiques dont les impacts néfastes seront de plus en plus importants en raison des changements climatiques et globaux (p. ex., les vagues de chaleur et les épidémies d'insectes). La diversité comprend aussi d'autres avantages en plus d'augmenter la résilience. Elle améliore la production de services écosystémiques (Manes *et al.*, 2012), favorise la création d'habitats pour d'autres espèces (Bastin et Thomas, 1999) et pourrait rehausser la valeur esthétique de la forêt urbaine (Carrus *et al.*, 2015).

1.2 LES INÉGALITÉS ENVIRONNEMENTALES

Dans une perspective idéale, et en leur qualité de biens publics, les services écosystémiques devraient être répartis de manière uniforme sur un territoire urbain. Une telle disposition permettrait à toutes et à tous de bénéficier de leurs avantages en parts égales. Or, cette répartition est rare, voire inexistante dans les grandes villes d'Amérique du Nord. Les arbres sont en effet souvent répartis de manière hétérogène et non aléatoire : ce sont dans les quartiers plus riches abritant une population plus blanche que la quantité d'arbres, de parcs ou d'autres éléments naturels est la plus élevée. Le contraire est également vrai pour les quartiers où vivent des populations plus pauvres ou multiculturelles. Ce phénomène d'inégalité environnementale est présent dans de nombreuses villes du monde. C'est notamment le cas en Europe à Paris (Cohen *et al.*, 2012), Rome (Rossi Jost, 2019) et Barcelone (Anguelovski *et al.*, 2018); en Océanie à Melbourne (Dobbs *et al.*, 2014) et à Ballarat (Kendal *et al.*, 2012); en Amérique à New-York (Gould et Lewis, 2016), à Tampa (Landry et Chakraborty, 2009), à Bogotá (Dobbs *et al.*, 2018) et à Medellín (Anguelovski *et al.*, 2018), pour ne citer que quelques cas. Les grandes villes du Canada n'échappent pas au phénomène comme le démontre une récente étude dans les régions urbaines de Toronto, Ottawa-Gatineau, Montréal et Québec (Landry *et al.*, 2020). Cette dernière étude, de même que plusieurs autres ici et ailleurs (Pham, 2012; Landry et Chakraborty, 2009, Schwartz *et al.*, 2015; Anguelovski *et al.*, 2018), démontrent que le couvert forestier des villes dépend souvent du revenu médian des ménages et de la proportion de populations issues de minorités visibles dans un quartier. Le couvert forestier des grandes villes de l'est du Canada est aussi moins diversifié dans ces quartiers vulnérables. La résilience d'un assemblage végétal face aux perturbations, notamment celles issues des changements globaux, étant fonction de sa diversité, les populations vulnérables sont donc plus à risque de perdre une partie de leur forêt urbaine que les populations plus aisées (Landry *et al.*, 2020).



Ademir Brito

1.3 LE POINT DE VUE DU RÉSIDENT

Si l'arbre est le producteur des services écosystémiques, c'est le résident habitant à proximité qui en est le bénéficiaire. Ce système d'offre et de demande se doit, à l'instar d'autres biens marchandables, de rester stable et de s'adapter aux perturbations. Alors que le domaine de « l'offre » des infrastructures naturelles est largement étudié, celui de la « demande » reste quant à lui inexploré. Cette disparité se manifeste, par exemple, dans les plans d'aménagement des forêts urbaines sous forme d'objectifs d'augmentation de la canopée pour l'ensemble d'un territoire urbain. Ces plans tiennent alors involontairement pour acquis que les arbres urbains sont reconnus par tous comme étant bénéfiques. En toute logique, on planterait des arbres dans les quartiers qui en contiennent le moins, soit dans les quartiers plus pauvres ou multiculturels. Bien que la production de services écosystémiques dans ces quartiers s'en trouverait augmentée, les préoccupations et les besoins de ces populations ne sont pas pris en compte dans la décision.

Cette vision du verdissement urbain suppose donc l'acceptabilité sociale des projets de plantation. Bien que la plantation d'arbres et le verdissement sont généralement perçus positivement par la population (Turner-Scoff et Cavender, 2019), certains facteurs ont toutefois le potentiel de créer des impressions négatives auprès de la population. Par exemple, les projets de verdissement peuvent hausser la valeur immobilière et attirer une population plus aisée dans un quartier autrefois plus pauvre, ce qui peut entraîner le déplacement de la population originale – un phénomène appelé « gentrification verte » (Gould et Lewis, 2016). Aussi, l'intégrité des bâtiments ou même la sécurité des passants peut parfois être menacée par des arbres mal entretenus, ce qui représente une cause fréquente de coupe d'arbres ou d'opposition aux plantations (Lyytymä et Sipilä, 2009; Cariñanos *et al.*, 2017). Par ailleurs, la perception de certains éléments de la forêt urbaine qu'ont les membres de diverses communautés culturelles est hétérogène (Egerer *et al.*, 2019). Les habitants de certains quartiers multiculturels pourraient donc préférer des caractéristiques différentes de quartiers voisins. D'autres facteurs pourraient inclure l'idée répandue que les arbres sont coûteux et représentent un gaspillage d'argent public (Lyytymä et Sipilä, 2009) ou encore la méfiance des communautés marginalisées envers les pouvoirs publics (Bertsou *et al.*, 2019). Ces raisons montrent que l'acceptabilité sociale des projets de verdissement n'est pas toujours acquise et nécessite un travail de consultation et de concertation en amont.

1.4 OBJECTIFS DU RAPPORT

Dans l'optique d'une gestion de la forêt urbaine équitable, visant la résilience face aux changements globaux et répondant aux besoins de la population, s'informer des préférences des résident.e.s des villes est essentiel. Ce rapport vise à déterminer de manière scientifiquement rigoureuse quelles caractéristiques de la forêt urbaine sont recherchées par la population ainsi qu'à relever les différences dans ces perceptions selon divers paramètres sociodémographiques pour la ville de Québec. Des constats et recommandations seront également émis en fonction de ces résultats dans l'optique d'intégrer ces nouvelles considérations dans la planification de la forêt urbaine québécoise.



David Vig

2. Description du territoire québécois

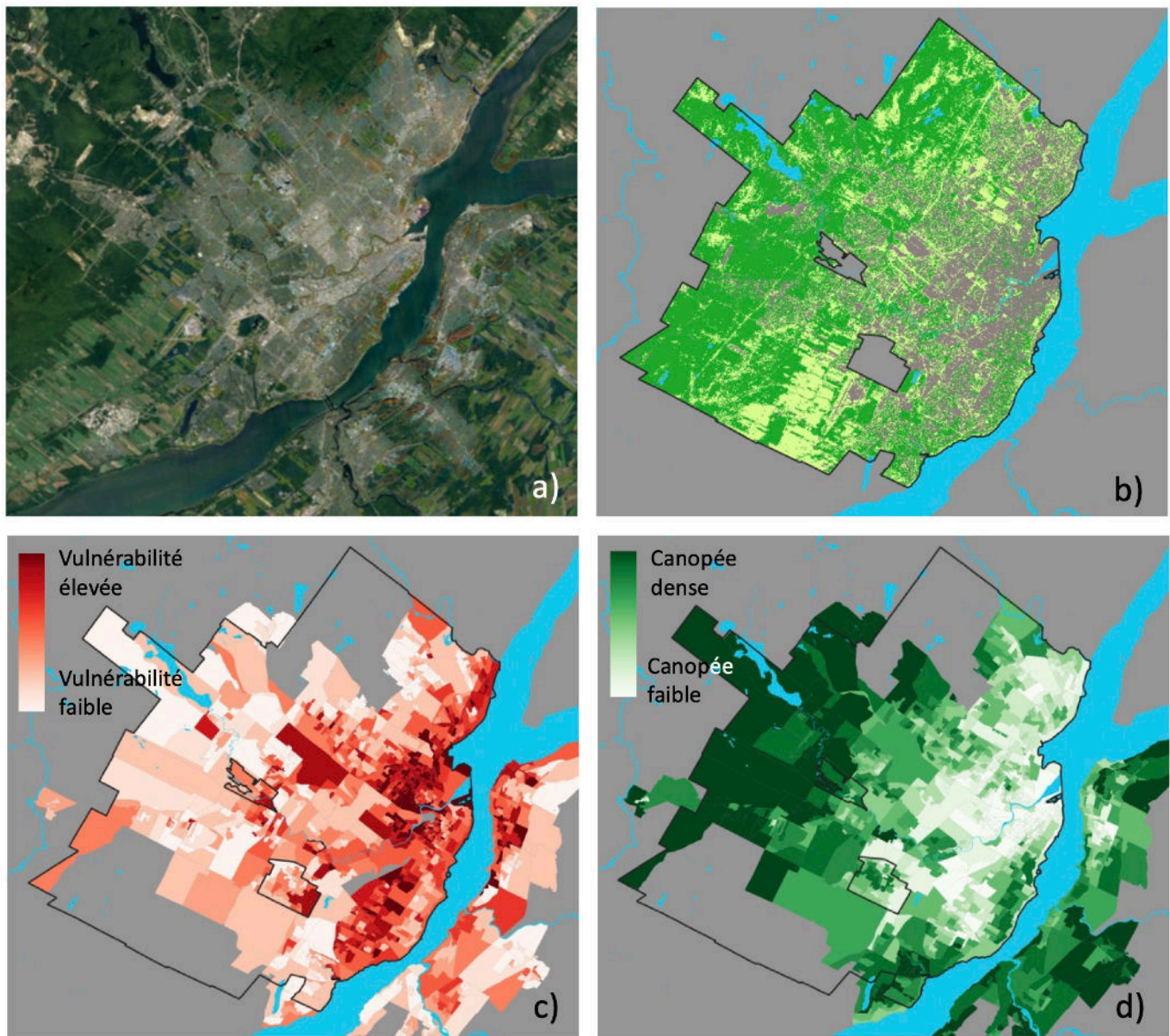
La ville de Québec compte une population de 531 902 habitants (selon le recensement de 2016; Statistique Canada, 2017). Sa superficie, excluant les banlieues et grandes étendues d'eau, est de 484,1 km². Les plus récentes données d'inventaire d'arbres publics dénombrent 132 804 arbres publics (Ville de Québec, 2021a). En incluant tous les arbres du territoire (publics et privés), l'indice de canopée (surface du sol recouverte par la couronne des arbres), s'élève à 32 % en excluant les grands boisés (Ville de Québec, 2016). Les espèces d'arbres les plus communes (l'espèce incluant toutes les variétés horticoles) sont l'érable de Norvège (*Acer platanoides*) composant 13 % de l'inventaire public, l'orme d'Amérique (*Ulmus americana*) (11 %), et l'érable argenté (*Acer saccharinum*) (6 %) (Ville de Québec, 2021a). Les cartes b) et d) de la figure 1 montrent que la canopée est plus dense dans les quartiers périphériques (par ex. Haute Saint-Charles), alors qu'elle est plus faible dans les quartiers centraux.

Le revenu brut médian des ménages est de 59 881 \$ alors que le prix médian d'une propriété est de 268 838 \$ (valeur en 2015). Les quartiers plus pauvres sont Lairet et Vanier, situés au centre de la ville, comme le montre la carte c). On constate une différence presque symétrique entre les cartes c) et d), exposant respectivement le niveau de vulnérabilité de la population et l'indice de canopée pour la même unité géographique (aire de diffusion). Cette corrélation, démontrée dans la littérature scientifique (Landry *et al.*, 2020; Nesbitt *et al.*, 2019; Pham *et al.*, 2012), montre qu'un phénomène d'inégalité environnementale est présent sur le territoire.



Francine Fallara

Figure 1 : Cartes de la ville de Québec.



a) image satellite tirée de Google Earth (2019);

b) classification de la couverture du sol à résolution de 50 cm produite par la Ville de Québec (Ville de Québec, 2016);

c) indice de vulnérabilité sociale (indice canadien de défavorisation multiple - ICDM) à l'échelle géographique de l'aire de diffusion (généré par Statistique Canada à partir de données du recensement de 2016) (Statcan, 2019);

d) indice de canopée calculé à partir des données de la carte b) (Ville de Québec, 2016) intégré à l'échelle de l'aire de diffusion.

3. Méthode – en bref¹

Afin d'évaluer les préférences de la population des quatre villes à l'étude à l'égard de la forêt urbaine, la méthode de la modélisation de choix (*choice experiment*) a été employée. Cette méthode issue du domaine du marketing est particulièrement intéressante dans le domaine environnemental. Elle permet en effet de déterminer la volonté à payer (*willingness to pay*) pour des biens ne s'échangeant pas sur des marchés monétisés tels les services écosystémiques fournis par les milieux naturels.

La mise en œuvre de cette méthode débute par la définition d'*attributs*. Ces attributs, pour être utilisés, doivent être de bons descripteurs de l'objet à l'étude et être susceptibles d'influencer la préférence du répondant. Pour cette étude, cinq attributs ont été définis : la diversité de la forêt urbaine, la proportion conifères/feuillus, la densité, l'aspect visuel (une manière visuelle de représenter la diversité structurelle) et le « prix » pour mesurer la volonté à payer. Une fois les attributs déterminés, des *niveaux d'attributs* doivent être assignés à chaque attribut, comme l'indique le tableau 1.

3.1 CRÉATION DES SCÉNARIOS

Les scénarios de forêt urbaine ont été créés en assemblant un niveau aléatoire pour chaque attribut. Trois de ces scénarios ont ensuite été présentés côte à côte au répondant afin qu'il choisisse celui qu'il préfère. Cette méthode oblige le répondant à tenir un arbitrage sur les caractéristiques de la forêt urbaine qu'il préfère. Ainsi, dans l'exemple de la figure 2, un répondant préférant une forêt urbaine plus dense, n'aimant pas les arbustes et soucieux du prix choisirait probablement l'option 3, soit celle correspondant le mieux à ses préférences.

La modélisation de choix permet d'estimer quelle forêt urbaine génère la plus grande utilité pour la population.

Le répondant aura ainsi choisi une option comprenant moins d'arbres (que l'option 1), mais sans arbustes et moins chère (que les options 1 et 2). Il a donc fait un compromis sur cet attribut. En posant la question huit fois avec une combinaison de scénarios différents, il a été possible de déterminer plusieurs paramètres utiles à l'étude : le ou les attributs les plus importants dans le choix, le ou les niveaux d'attribut provoquant une réponse négative ou positive sur le choix d'un scénario, et la volonté à payer pour chaque niveau d'attribut.

Cette méthode permet d'établir les critères qui influencent le choix directement (attributs) et indirectement (variables sociodémographiques), mais pas les motivations d'une personne à préférer l'un ou l'autre des niveaux d'attributs. En théorie, « l'utilité » qu'une personne retire d'un bien dépend d'une panoplie de critères très personnels que le sondage ne peut évaluer : une personne peut reconnaître que les arbres améliorent le paysage et la qualité de l'air, mais elle peut aussi être préoccupée des enjeux sécuritaires liés aux arbres mal entretenus. Sans pousser la description de ces paramètres, la modélisation de choix permet toutefois d'estimer quelle forêt urbaine génère la plus grande utilité pour la population générale ou une catégorie de répondants.

¹ Une description détaillée de la méthode se trouve dans l'article « Population's preferences for urban forest characteristics: A choice experiment in four Canadian cities » (titre provisoire) présentement en révision par une revue scientifique spécialisée.

Tableau 1 : Attributs de la forêt urbaine utilisés dans la modélisation de choix.











ATTRIBUT	NIVEAU	CORRESPOND À
Diversité	Bas	1 espèce par segment de rue
	Moyen	2 espèces par segment de rue
	Haut	3+ espèces par segment de rue
Proportion conifères/feuillus	Bas	10% de conifères
	Moyen	20% de conifères
	Haut	30% de conifères
Densité (graphique)	Bas	10 arbres par segment de rue
	Moyen	15 arbres par segment de rue
	Haut	20 arbres par segment de rue
Aspect visuel (graphique)	VIS1 : 	Diversité structurelle faible
	VIS2 : 	Diversité structurelle moyenne-basse
	VIS4 : 	Diversité structurelle moyenne-haute
	VIS3 : 	Diversité structurelle haute
Prix	0, 25, 50, 75, 100\$	

Figure 2 : Exemple d'un ensemble de choix.

	OPTION 1	OPTION 2	OPTION 3
Nombre d'essences	3 essences par segment	1 essence par segment	3 essences par segment
Proportion conifères	Moyenne 20% conifères 80% feuillus	Faible 10% conifères 90% feuillus	Moyenne 20% conifères 80% feuillus
Quantité d'arbres			
Aspect visuel			
Augmentation de la taxe	50\$	75\$	0\$
	<input type="button" value="OK"/>	<input type="button" value="OK"/>	<input type="button" value="OK"/>

3.2 SONDAGE EN LIGNE

L'expérience de choix a été présentée par l'entremise d'un sondage d'une dizaine de minutes divisé en trois parties. La première partie présentait des questions générales sur la forêt urbaine de manière à familiariser le répondant au sujet de l'étude. La seconde partie présentait les huit questions de l'expérience de choix elle-même. La troisième partie présentait des questions sociodémographiques (par exemple, la tranche d'âge, le revenu, et l'appartenance à une minorité visible). Ces questions ont ensuite permis d'intégrer des paramètres sociodémographiques au modèle statistique et, éventuellement, de déterminer si les préférences varient en fonction de ces facteurs.

Les sondages ont été diffusés en ligne pour permettre d'atteindre rapidement et efficacement un grand nombre de répondants. De manière à assurer un échantillonnage représentatif des villes à l'étude, les services de la firme spécialisée *LégerWeb*® ont été employés. Le nombre de répondants à joindre a été préalablement déterminé de manière à garantir la validité statistique des résultats : ainsi, 300 sondages ont été administrés dans la population générale de Québec, ce qui équivaut à environ 1 répondant par tranche de 1 500 habitants.

3.3 ANALYSE DES DONNÉES

La base de données produite par les réponses au sondage a d'abord été traitée pour retirer les réponses inutilisables. Ces questionnaires sont ceux qui, par exemple, ne contenaient pas de réponse pour les données sociodémographiques, ou pour lesquels le temps de réponse était inférieur à huit minutes. Les 257 réponses valides obtenues après ce tri ont été traitées par régression logistique conditionnelle dans le logiciel R®. Il s'agit d'une méthode d'analyse couramment utilisée pour les données de choix qui permet notamment d'ajouter des facteurs d'interaction, nécessaires à la détection d'effets liés à des facteurs sociodémographiques. La volonté à payer et ses intervalles de confiance ont été calculés à partir des coefficients du modèle et de la méthode Krinsky-Robb (Hole, 2007).



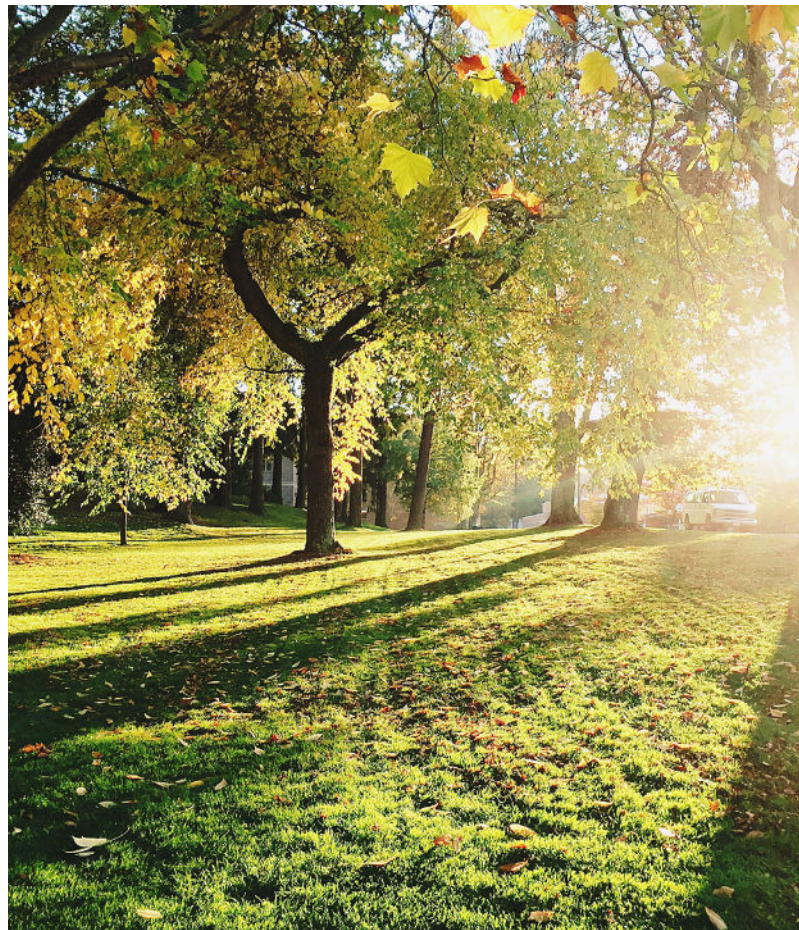
Livia Widjaja

4. Résultats

Cette section décrit brièvement les résultats de la régression logistique conditionnelle pour la ville de Québec. L'interprétation de ces résultats de même que les recommandations qui en découlent se trouvent à la section *Discussion et recommandations*.

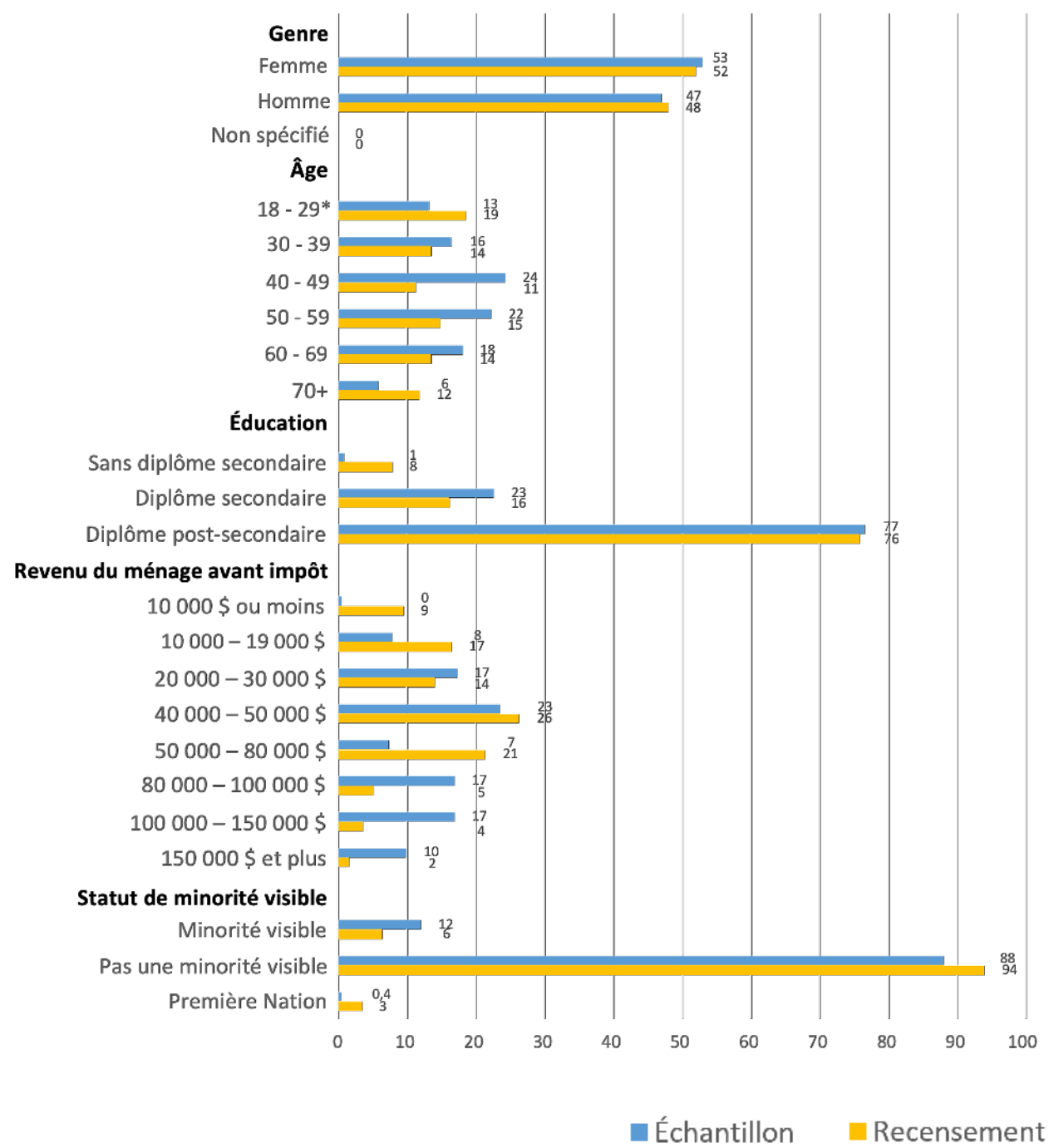
4.1 DESCRIPTION DE L'ÉCHANTILLON

De manière à extrapoler les résultats de l'étude à la population d'une ville entière, l'échantillon de répondants doit être représentatif de la population générale. Le graphique de la figure 3 compare la composition de l'échantillon avec les données du recensement canadien sur quelques variables sociodémographiques clés. Le graphique démontre que l'échantillon ne présente que quelques différences mineures avec les données du recensement, ce qui confirme l'applicabilité des résultats à l'ensemble de la population. Cependant, certaines catégories de répondants sont sous-représentées. Les personnes n'ayant pas de diplôme et les ménages gagnant moins de 10 000 \$ par année sont moins fréquents dans l'échantillon par rapport à la réalité. Ces sous-représentations provoquent une sur-représentation des classes plus élevées. Ce type de différence est fréquemment constaté dans les sondages; il s'agit du « *biais de désirabilité sociale* » (*social desirability bias*). Ce biais incite le répondant, parfois involontairement, à choisir une réponse qui correspond à un « *standard social* » qu'il juge plus élevé (Grimm, 2010). Cela pourrait entraîner des résultats moins précis chez ces catégories particulières de répondants.



Madison Nickel

Figure 3: Comparaison de la composition sociodémographique de l'échantillon de répondants pour Québec avec les données du recensement canadien de 2016 pour la même ville.



* Cette catégorie inclut les Canadiens de 14 à 18 ans, le critère de majorité nécessaire pour participer au sondage n'étant pas aligné avec les classes d'âge du recensement canadien; « Minorité visible » telle que définie par le recensement canadien. Première Nation : inclut les Inuits et les Métis; Genre non spécifié : non mesuré par le recensement canadien.

4.2 RÉSULTATS DU MODÈLE GÉNÉRAL

Le modèle de régression logistique génère des coefficients qui donnent une mesure de « l'utilité relative » de chaque niveau d'attribut (tels que présentés dans le tableau 1) en fonction du niveau de base. Ce concept *d'utilité*, issu des sciences économiques, est utilisé ici comme mesure de la préférence des répondants pour chaque attribut. Un coefficient positif indique donc une préférence pour le niveau d'attribut; un coefficient négatif indique le contraire.

Les résultats du modèle présentés au tableau 2 démontrent que tous les attributs utilisés dans la création des scénarios sont importants lorsqu'un répondant effectue un choix. En effet, les cinq attributs (et leurs niveaux dans le cas de l'aspect visuel) présentent un coefficient significatif ($p < 0,05$). Les répondants de la ville de Québec ont donc des préférences pour une forêt urbaine plus dense, plus diversifiée, ne comportant pas davantage de conifères et où l'on

retrouverait des arbustes. Le coefficient négatif pour l'attribut *Prix* démontre que les répondants préfèrent les options moins coûteuses. Ce résultat était attendu et confirme la validité du modèle.

Les facteurs sociodémographiques testés dans le modèle, soit le revenu du ménage, le genre, le statut de minorité visible, l'âge, le niveau de scolarité et la proportion de couverture arborée dans l'environnement immédiat du répondant n'affichent pas de coefficients. C'est le cas pour tous les modèles prenant l'individu comme unité de base : les caractéristiques du répondant ne changent pas d'une question de sondage à l'autre, à l'inverse des caractéristiques des scénarios. C'est pourquoi ces paramètres, compris dans « l'effet fixe », ne renvoient aucun coefficient. Les paramètres sociodémographiques peuvent toutefois influencer le choix, ce qu'on peut vérifier au moyen d'un test d'interaction.

Tableau 2 : Résultats du modèle pour la ville de Québec

ATTRIBUT	COEFFICIENT	ÉCART-TYPE	VALEUR-P
Pourcentage de conifères	0,004	0,002	<0.05
Densité	0,033	0,004	<0.05
Diversité	0,164	0,023	<0.05
Diversité structurelle faible (VIS1)	S. o.	S. o.	S. o.
Diversité structurelle moyenne-basse (VIS2)	0,588	0,044	<0.05
Diversité structurelle haute (VIS3)	0,947	0,053	<0.05
Diversité structurelle moyenne-haute (VIS4)	0,375	0,049	<0.05
Prix	-0,020	0,000	<0.05

FACTEURS SOCIODÉMOGRAPHIQUES
Genre
Statut de minorité visible
Pourcentage de couverture arborée
Niveau de scolarité
Âge

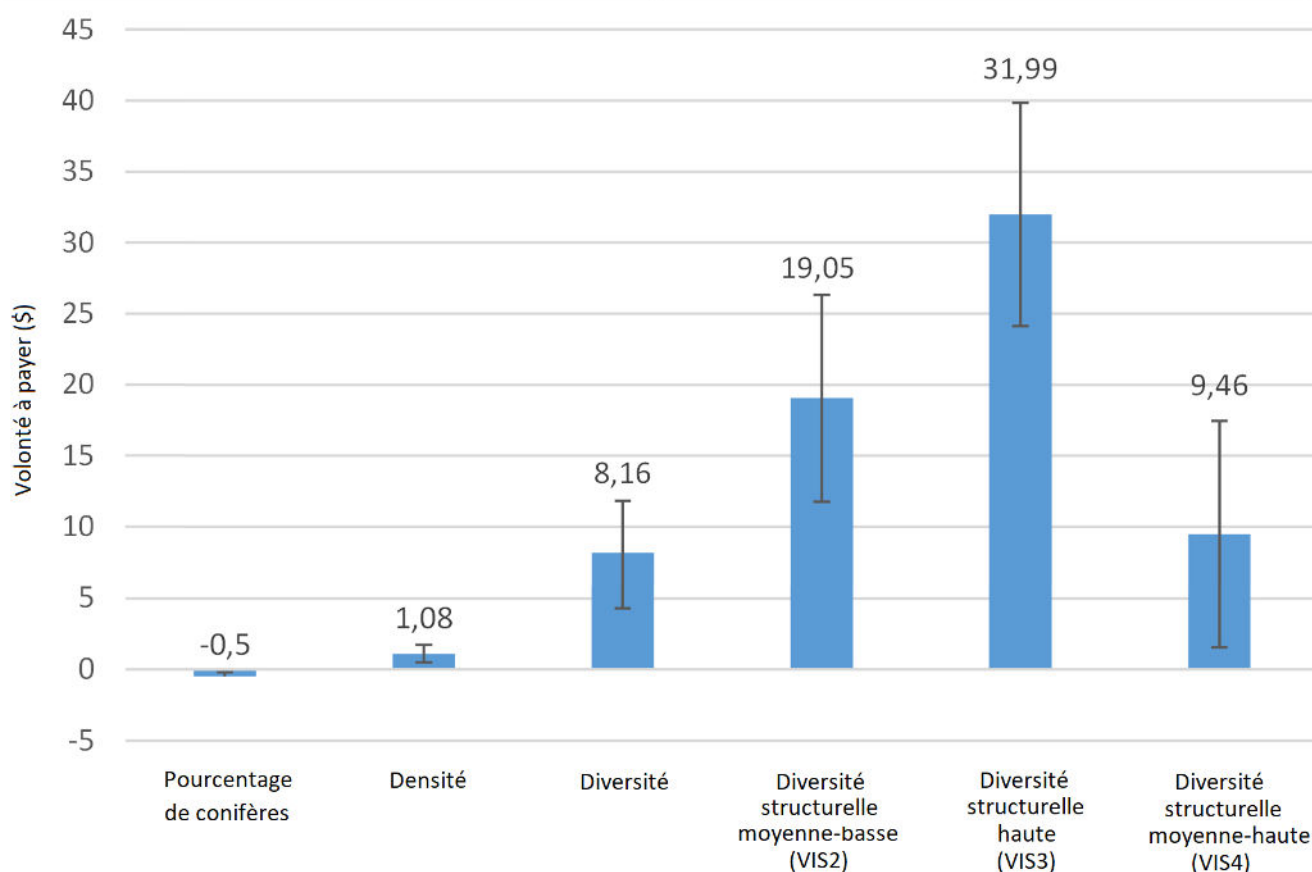
Remarque : Les coefficients du modèle peuvent être interprétés comme la variation dans la probabilité qu'un répondant sélectionne un scénario comprenant l'attribut X. Un coefficient positif indique donc une préférence pour le niveau d'attribut; un coefficient négatif indique le contraire. La force du coefficient peut être utilisée pour comparer l'importance des attributs entre eux. Une valeur- $p < 0,05$ est considérée comme statistiquement significative. Aucun coefficient n'apparaît pour l'attribut VIS1, car il s'agit du niveau de base avec lequel sont comparés les autres niveaux de VIS.

4.3 LA VOLONTÉ À PAYER

La volonté à payer (VAP) est une valeur calculée à partir des résultats de l'étude permettant d'estimer la valeur en argent qu'un répondant serait prêt à déboursier pour passer d'un niveau à l'autre pour un attribut. Dans ce cas, la valeur de la VAP pour un niveau d'attribut donné est calculée par rapport au niveau le plus bas, qui prend alors la valeur 0 \$. Par exemple, le montant qu'un répondant serait prêt à déboursier (VAP) pour une forêt urbaine deux fois plus diversifiée par rapport au niveau de base [c'est-à-dire, deux espèces d'arbres par segment de rue (niveau moyen) plutôt qu'une (niveau bas)] serait de 8,16 \$ par année et de 16,32 \$ par année pour une forêt trois fois plus diversifiée [trois espèces et plus par segment de rue (niveau haut)]. La volonté à payer relative au niveau de base pour chaque attribut est illustrée dans la figure 4.

On constate à la figure 4 que l'attribut pour lequel la volonté à payer est la plus élevée est l'aspect visuel VIS3 (31,99 \$), contenant des arbres visuellement diversifiés ainsi que des arbustes en bord de rue. Cela correspond bien aux résultats du modèle (voir tableau 2) dans lesquels une forte préférence est émise pour ce niveau d'attribut. En combinant les valeurs présentées à la figure 4 on constate que les répondants de la ville de Québec seraient prêts à déboursier 50,47 \$ par année pour bénéficier d'une forêt deux fois plus dense, trois fois plus diversifiée, comportant des arbustes sur rue et sans conifères additionnels.

Figure 4 : Volonté à payer (\$) relative pour chaque niveau d'attribut (intervalle de confiance 95%*).



*L'intervalle de confiance signifie que la valeur moyenne de la volonté à payer se situe dans cet intervalle 19 fois sur 20.

5. Discussion et recommandations

Les résultats obtenus dans cette étude démontrent que les préférences des résident.e.s de Québec à l'égard de leur forêt urbaine diffèrent de la configuration actuelle des arbres urbains. Il serait donc judicieux d'intégrer ces considérations à une future planification de la forêt urbaine de manière à rendre les éléments naturels plus compatibles avec les préférences de la population

5.1 DENSITÉ

Dans un premier temps, les résultats montrent que les arbres sont généralement appréciés par la population. Un coefficient positif à l'attribut « densité » signifie qu'une augmentation de la canopée est préférée par les résident.e.s. Ce résultat encourageant va de pair avec les objectifs de la « Vision de l'arbre » de la ville de Québec, qui vise l'augmentation de l'indice de canopée de 32 % à 35 % d'ici 2025 (Ville de Québec, 2016). Ce résultat montre toutefois que le plan actuel pourrait être encore plus ambitieux et recevrait davantage d'appui de la part des résident.e.s. Les résultats suggèrent qu'une augmentation de la canopée de l'ordre des 100 % par rapport aux niveaux actuels (passer de 32 % à 64 %) est préférable à une augmentation de l'ordre des 50 % (passer de 32 % à 48 %). Ces chiffres élevés prouvent l'intérêt de la population de Québec pour ses arbres urbains. Ces augmentations se traduiraient par une volonté à payer de 1,08 \$ (augmentation de 50 %) et de 2,16 \$ (augmentation de 100 %) par habitant, ce qui équivaut respectivement à 574 000 \$ et à 1 148 000 \$ par année pour l'ensemble de la ville.

L'augmentation de la canopée devrait avoir lieu dans tous les quartiers de la ville pour assurer une distribution équitable. Il faudrait cependant considérer la manière dont les arbres sont actuellement distribués pour optimiser le verdissement. Les quartiers plus pauvres ou défavorisés affichant déjà une couverture arborée plus faible, il pourrait être tentant de verdir massivement ces quartiers. Dans ce cas, deux mises en garde s'appliquent :

- Le verdissement dans des quartiers plus pauvres et comptant un faible nombre d'arbres peut mener au phénomène de la gentrification verte. Une plus grande présence d'éléments naturels dans ces quartiers pourrait attirer des acheteurs prêts à payer une « prime » pour ces nouveaux avantages (autant pour les acheteurs que les locataires). Cela pourrait mener à une exclusion et un déplacement des populations plus pauvres du quartier vers un autre quartier, souvent excentré, gris et moins adapté à leurs besoins. Il est donc nécessaire de prévoir des mesures sociales pour empêcher le déplacement des populations résidentes lors de grands projets de verdissement. Encourager la formation de groupes citoyens pour guider le processus de verdissement (Brooklyn; Gould and Lewis, 2016) ou la création d'un mécanisme réglementaire empêchant une augmentation excessive des loyers (Los Angeles; UCLA School of Law, 2019) dans les années suivant le verdissement sont des pistes de solution qu'on a déjà expérimentées ailleurs.

- Il est démontré qu'à l'instar des quartiers plus pauvres, les quartiers multiculturels sont moins « verts » que les quartiers blancs de plusieurs villes au Canada (Landry *et al.*, 2020; Pham *et al.*, 2012). La littérature scientifique démontre aussi que les préférences concernant divers types d'éléments naturels varient selon l'origine ethnique des résident.e.s (Egerer *et al.*, 2019). Pour assurer un verdissement concordant avec les besoins de la population, il pourrait être utile d'exploiter les conclusions de ce rapport pour entamer une discussion avec les résident.e.s du quartier.

Puisque la ville de Québec présente une stratégie de verdissement globale (cible de 35 %) déclinée selon les quartiers en priorisant certaines opérations (déminalisation, plantation, protection), il serait judicieux de profiter de cette approche variable pour ajuster la stratégie de verdissement en intégrant davantage de consultation auprès des résident.e.s des quartiers plus à risque.

5.2 DIVERSITÉ

La diversité de la forêt urbaine est un attribut d'une grande importance pour augmenter la résilience face aux perturbations. Il s'agit également d'un concept plus difficile à saisir pour une bonne partie de la population (Lindemann-Matties and Bose, 2008). Malgré cela, les résultats démontrent que les Québécois.es préfèrent une forêt urbaine plus diversifiée. Ce résultat est très encourageant dans l'optique d'une augmentation de la résilience de la forêt urbaine. Aménager la forêt urbaine en ce sens augmentera l'utilité retirée par les résident.e.s. Ce résultat est contraire aux paradigmes de la foresterie urbaine traditionnelle qui ont abouti, au fil des années, en des rangées d'arbres identiques dans plusieurs quartiers de Québec. Ces aménagements ont longtemps été considérés par les aménagistes comme un standard d'esthétisme à viser.

Les résultats du sondage montrent que les résident.e.s de Québec attendent un changement dans l'assemblage d'espèces d'arbres en ville. Les Québécois.es seraient en moyenne prêts à déboursier 8,16 \$ pour doubler le nombre d'espèces d'arbres sur leur rue et 16,32 \$ pour le tripler. À l'échelle de la population, cela représente 4 340 000 \$ et 8 680 000 \$ annuellement. Tout comme pour la densité de la forêt urbaine, ces

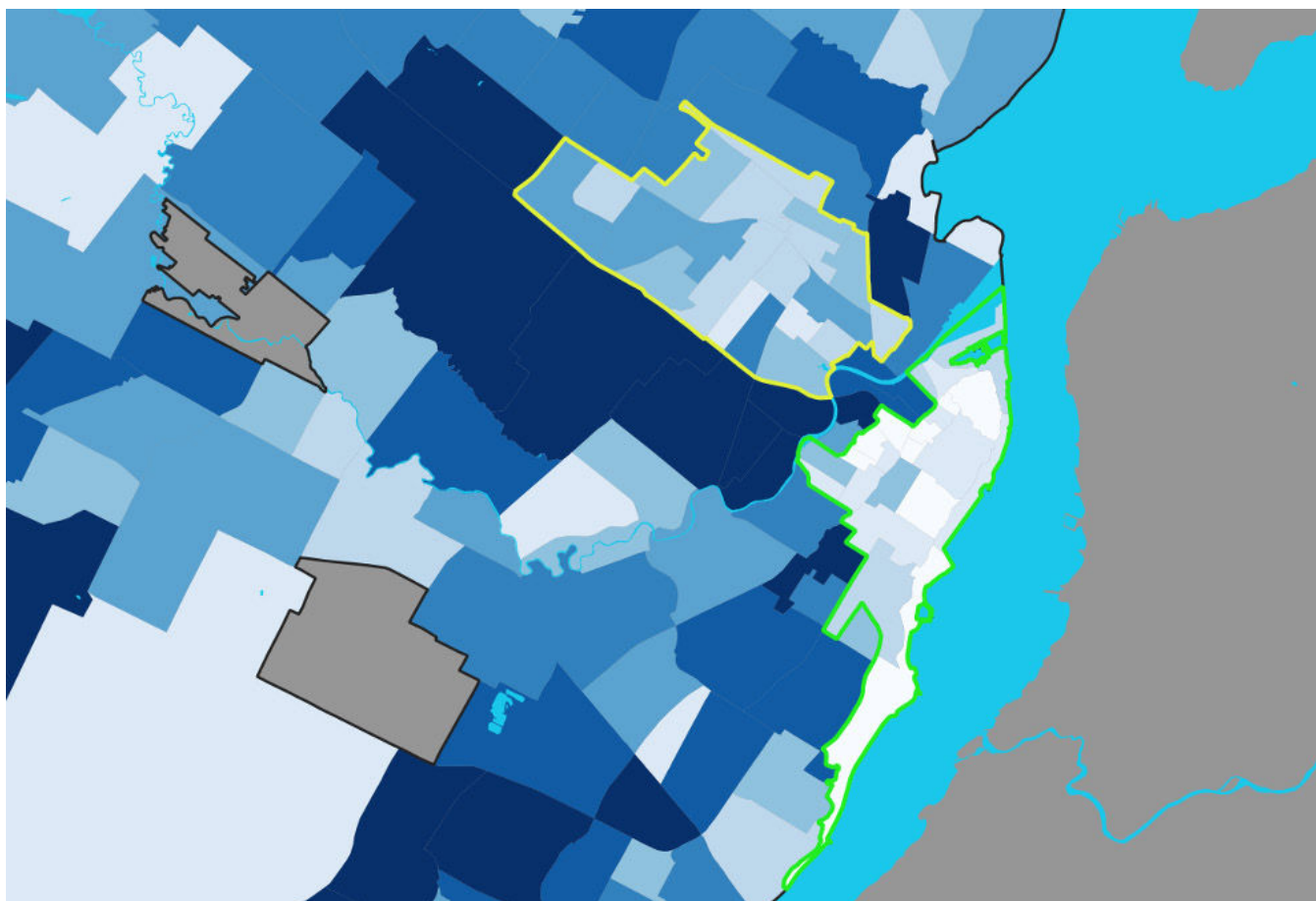


Rich Martello

montants sous-entendent que la population voit en l'augmentation de la diversité une amélioration proportionnelle de sa qualité de vie.

Une étude récente a démontré que la diversité des arbres publics, à l'instar de l'indice de canopée, était proportionnellement plus faible dans les quartiers où vit une population vulnérable (Landry *et al.*, 2020). Cette faible diversité augmente le risque qu'une perturbation détruise une part importante de la forêt urbaine de ces quartiers. Il serait donc judicieux d'instaurer à ces endroits une politique de verdissement favorisant une diversité plus élevée que dans les quartiers adjacents. À Québec, les zones les moins diversifiées sont celles de la partie sud-est de l'arrondissement Charlesbourg (quartiers Lairer, Saint-Charles-Borromée, Saint-Rodrigue) et le Vieux-Limoilou (en jaune sur la carte de la figure 5), de même que le Vieux-Québec et ses quartiers adjacents (Saint-Jean-Baptiste, Saint-Roch, Saint-Sauveur, Montcalm et Saint-Sacrement) (en vert). Cela correspond à des quartiers densément peuplés abritant une population plus vulnérable (particulièrement dans le cas des quartiers Lairer et Saint-Sauveur).

Figure 5: Diversité de la forêt urbaine mesurée par le nombre effectif d'espèces (NEE) à l'échelle des secteurs de recensement.



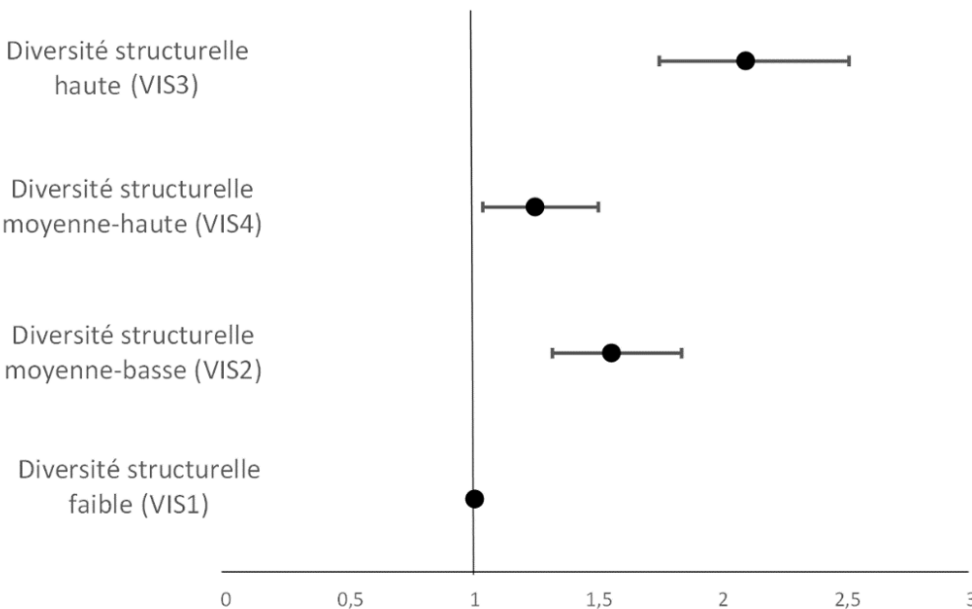
Remarque : Une teinte plus pâle indique une diversité plus faible. Deux secteurs plus à risque sont identifiés en vert et en jaune. Il est à noter que la densité d'arbres dans un quartier (figure 1-d) n'est pas reliée à sa diversité. Un quartier à l'indice de canopée relativement élevé comme Sillery affiche une diversité faible, car les arbres qui s'y trouvent appartiennent à un petit nombre d'espèces. Données issues de l'inventaire des arbres publics de Québec (Ville de Québec, 2021a) et de Landry *et al.*, 2020.

5.3 ASPECT VISUEL ET DIVERSITÉ STRUCTURELLE

La diversité structurelle, introduite dans le sondage sous forme de «diversité visuelle», a fortement stimulé les répondants. C'est pour cet attribut que les coefficients du modèle sont les plus forts. Cet attribut permet d'analyser divers aspects en lien avec la diversité structurelle et la diversité spécifique de la forêt urbaine. D'abord, les niveaux d'attributs comportant des arbustes (VIS2 et VIS3) sont préférés par rapport aux niveaux n'en comportant pas (voir figure 6). Ce résultat est particulièrement intéressant dans l'optique où les arbustes sur rue sont rarement présents à Québec. Cette absence s'explique par les préoccupations liées à la sécurité des piétons et des automobilistes (Kaplan 1987; Sheets *et al.*, 1991) souvent inscrites dans la réglementation concernant l'aménagement forestier urbain. Or, de récentes études démontrent que les arbustes susciteraient l'effet contraire sur les passant.e.s et résident.e.s (Lis *et al.*, 2019; Kusmane *et al.*, 2019). La présente étude ajoute

à ce constat et confirme que les résident.e.s de Québec préféreraient augmenter la quantité d'arbustes sur rue. En deuxième lieu, les répondants ont préféré en moyenne les niveaux d'attributs proposant des arbres visuellement différents (VIS3 et VIS4) par rapport aux niveaux proposant des arbres identiques (VIS1 et VIS2). Ces réponses permettent de confirmer les résultats de l'attribut « diversité » en plus de confirmer la préférence des répondants pour des arbres à l'aspect visuel varié. Ce résultat représente une nouveauté par rapport aux pratiques traditionnelles de foresterie urbaine, où les rangées d'arbres similaires étaient considérées comme un standard d'esthétisme. Il semble en effet que la population urbaine reconnaisse davantage de bénéfices (esthétiques ou autres) à vivre dans une forêt urbaine diversifiée.

Figure 6 : Illustration du « rapport des chances » (odds ratio) pour les niveaux de l'attribut « aspect visuel ».

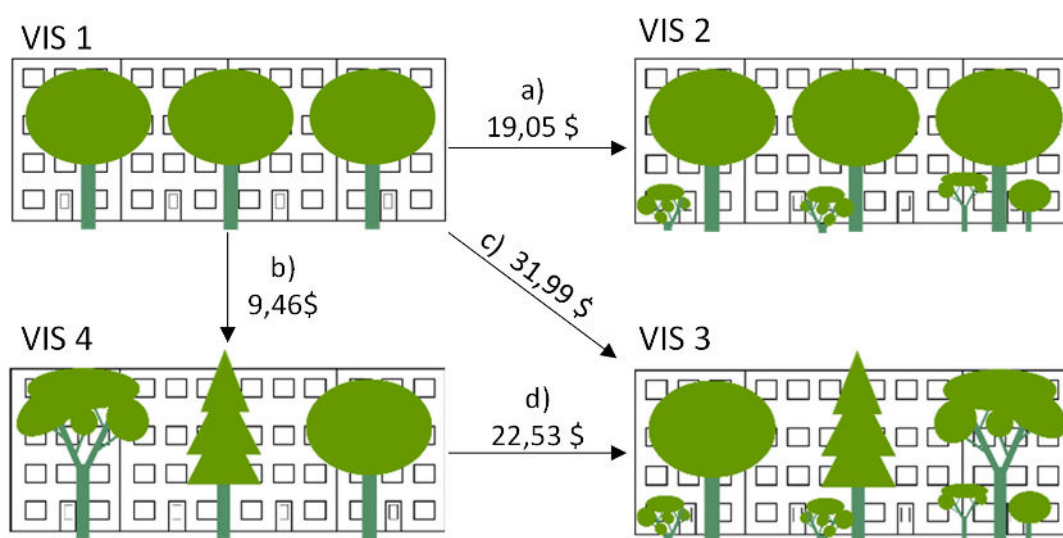


Remarque : La valeur du ratio indique l'augmentation dans la probabilité qu'un répondant sélectionne le scénario lorsque le niveau d'attribut est présent (p. ex., le répondant aura 1,6 fois plus de chances de sélectionner le scénario si le niveau VIS2 est présent). La valeur 1 signifie un effet nul.

Ces résultats pour l'attribut «aspect visuel» sont une bonne nouvelle pour l'acceptabilité sociale d'un aménagement forestier urbain visant à imiter les dynamiques naturelles. En effet, l'ajout d'arbres au port différent de même que des arbustes augmentera la diversité structurelle de la forêt urbaine. Il est démontré dans la littérature scientifique propre au domaine de l'écologie que la diversité structurelle augmente la productivité (le stockage de carbone) (Aponte *et al.*, 2020) et la densité d'habitat pour de nombreuses espèces animales (Tews *et al.*, 2004). Très peu étudiée dans les villes, la diversité structurelle y est toutefois corrélée à une augmentation de la production de services écosystémiques (Morgenroth *et al.*, 2020). La plantation d'arbres diversifiés et d'arbustes représente donc un gain potentiellement très important au chapitre de la résilience face aux changements globaux et de la production de services écosystémiques.

Les forts coefficients obtenus pour cet attribut sont reflétés dans des valeurs de volonté à payer élevées. Ainsi, pour ajouter des arbustes à une rue contenant des arbres identiques (passer de VIS1 à VIS2, flèche a) dans la figure 7), les répondants étaient en moyenne prêts à payer 19,05 \$ par année. La présence d'arbres différents plutôt qu'identiques (VIS1 à VIS4, flèche b) sur un segment de rue est évaluée à 9,46 \$ par personne par année. La combinaison d'arbres différents et de la présence d'arbuste (passer de VIS1 à VIS3, flèche c) fait passer la volonté à payer des répondants à 31,99 \$ par personne par année. Cette dernière valeur représente un total de 17 015 545 \$ par année à l'échelle des 531 902 habitants de la ville de Québec.

Figure 7: Schématisation de l'évolution de la volonté à payer moyenne pour les niveaux d'attributs présentés aux répondants.



Remarque : Les flèches a, b et c représentent les valeurs calculées à partir des résultats du modèle (voir tableaux 2 et 3). La flèche d) n'est pas directement mesurée dans cette étude, mais résulte de la décomposition de la valeur c) ($d=c-b$) pour calculer la valeur correspondant à l'ajout d'arbustes à une forêt urbaine déjà diversifiée.

5.4 PROPORTION DE CONIFÈRES

La proportion de conifères dans la forêt urbaine est l'attribut ayant suscité la plus faible réaction. Son coefficient presque nul ($-0,015$; $p < 0,05$) et la volonté à payer qui en découle $-0,50$ \$ par tranche de 10 % d'augmentation de la proportion de conifères en ville en témoignent. Ce résultat de faible envergure reste toutefois fort pertinent pour l'aménagement forestier urbain. En effet, le peu d'intérêt porté à cet attribut par les répondants laisse présager l'indifférence de la population de Québec face à une augmentation du nombre de conifères. Le coefficient négatif pour cet attribut indique par contre que les résident.e.s de Québec ont une légère préférence pour les forêts urbaines ne comportant pas plus de conifères qu'actuellement.

L'intérêt particulier des conifères est qu'ils conservent leur feuillage en hiver, ce qui peut contribuer à l'esthétisme des rues.

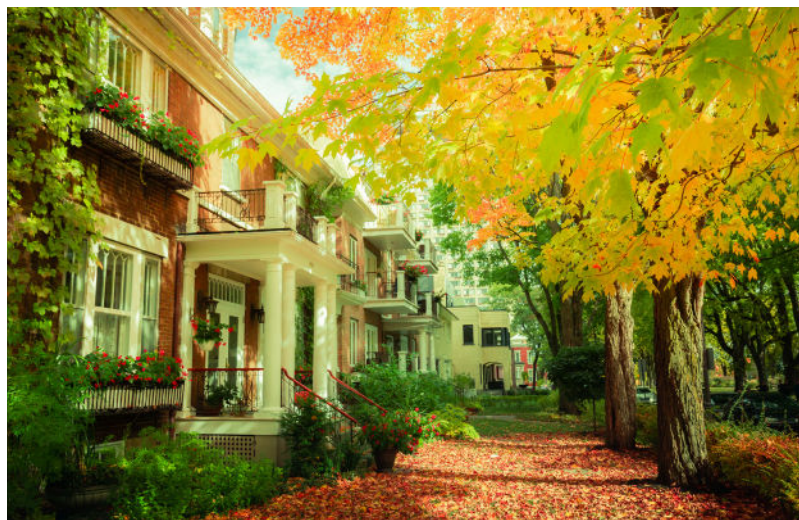
À l'heure actuelle, les conifères représentent une très faible part des arbres urbains. Ils sont jugés peu adéquats pour les zones urbaines vu leurs branches basses pouvant causer des problèmes de circulation piétonne ou automobile. L'intérêt particulier des conifères est qu'ils conservent leur feuillage en hiver, ce qui peut contribuer à l'esthétisme des rues. De plus, ils offrent une gamme de services écosystémiques différents des arbres feuillus et contribueraient grandement à un effort de diversification des espèces d'arbres urbains. Pour toutes ces raisons, il serait envisageable et bénéfique pour la Ville de Québec de considérer la plantation de davantage de conifères, ce qui nécessiterait peut-être des efforts de communication et de sensibilisation de la population.



Sigmund

6. Conclusion

Les résultats de ce rapport montrent que les habitants de la ville de Québec préfèrent une forêt urbaine différente de celle actuellement présente sur le territoire. Les Québécois.es préfèrent en effet une forêt plus diversifiée, plus dense et comportant des arbustes sur rue. Ces changements dans la configuration de la verdure en ville sont estimés aux yeux du citoyen à 50,47 \$ par année. Ce chiffre atteint 26,8 millions de dollars par année lorsque porté à l'ensemble de la population. Bien qu'un tel montant puisse sembler énorme, il prend en compte tous les facteurs de la forêt urbaine dont une personne pourrait bénéficier consciemment ou non (par exemple la beauté esthétique, les améliorations à son bien-être et l'attachement à son milieu de vie) au-delà des quelques services écosystémiques généralement traduits en valeur monétaire. Il faut aussi considérer que les arbres du territoire québécois redonnent 7,5 millions de dollars en bénéfices, et ce, pour seulement sept de leurs services écosystémiques, tel que l'a révélé Ouranos en 2018 (Wood *et al.*, 2018). Notre étude démontre que, du point de vue des résident.e.s, la valeur des arbres en ville dépasse largement celle calculée par l'évaluation des services écosystémiques. La volonté à payer totale des résident.e.s est aussi supérieure aux 21,2 millions de dollars prévus par la Ville au budget 2021 (Ville de Québec, 2021b) pour le fonctionnement de son plan de verdissement «Vision de l'arbre». Ces observations devraient être perçues comme un message clair pour les décideurs et encourager ces derniers à investir davantage dans l'infrastructure verte de leur ville et à réorienter les investissements publics vers la résilience climatique équitable. De plus, dans l'objectif de sécuriser ces investissements à long terme, l'augmentation de la diversité de la forêt urbaine est essentielle. Les changements globaux, entraînant une foule de perturbations et d'incertitudes, menacent de détruire ce patrimoine naturel. Heureusement, non



Peter M Graham

***Notre étude démontre que
du point de vue du résident,
la valeur des arbres en ville
dépasse largement celle
calculée par l'évaluation des
services écosystémiques.***

seulement est-il souhaitable d'augmenter la diversité au point de vue de la résilience et de la production de services écosystémiques, mais c'est également préférable aux yeux de la population de Québec qui en reconnaît les attraits. Les préférences des Québécois.es en termes de forêt urbaine sont donc alignées sur les meilleures pratiques en la matière : une forêt urbaine plus dense, plus résiliente aux changements globaux et distribuée de manière équitable sur le territoire.

7. Références

- Akbari, H. (2002). Shade trees reduce building energy use and CO₂ emissions from power plants. *Environmental Pollution*, 116(SUPPL. 1), 119–126. [https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(01\)00264-0](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(01)00264-0)
- Alexander, C., & DePratto, B. (2014). The value of urban forests in cities across Canada. Retrieved from <https://www.td.com/document/PDF/economics/special/UrbanForestsInCanadianCities.pdf>
- Alexander, C., & McDonald, C. (2014). Special Report, Urban forests: the value of trees in the city of Toronto. Retrieved from www.td.com/economics
- Altman, I., & Low, S. M. (1992). *Place Attachment* (vol.12). Springer Science & Business media.
- Anguelovski, I., Connolly, J. J. T., Masip, L., & Pearsall, H. (2018). Assessing green gentrification in historically disenfranchised neighborhoods: a longitudinal and spatial analysis of Barcelona. *Urban Geography*, 39(3), 458–491. <https://doi.org/10.1080/02723638.2017.1349987>
- Anguelovski, I., Irazábal-Zurita, C., & Connolly, J. J. T. (2018). Grabbed Urban Landscapes: Socio-spatial Tensions in Green Infrastructure Planning in Medellín. *International Journal of Urban and Regional Research*, 43(1), 133–156. <https://doi.org/10.1111/1468-2427.12725>
- Aponte, C., Kasel, S., Nitschke, C. R., Tanase, M. A., Vickers, H., Parker, L., Bennett, L. T. (2020). Structural diversity underpins carbon storage in Australian temperate forests. *Global Ecology and Biogeography*, 29(5), 789–802. <https://doi.org/10.1111/geb.13038>
- Bastin, L., & Thomas, C. D. (1999). On the distribution of plant species in urban vegetation fragments. *Landscape Ecology*, 14, 493–507. Retrieved from <http://link.springer.com/article/10.1023/A:1008036207944>
- Bertsou, E. (2019). Rethinking political distrust. *European Political Science Review*, 11(2), 213–230. <https://doi.org/10.1017/S1755773919000080>
- Cariñanos, P., Calaza-Martínez, P., O'Brien, L., & Calfapietra, C. (2017). The Cost of Greening: Disservices of Urban Trees. In *The urban forest: cultivating green infrastructure for people and the environment* (pp. 79–87). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-50280-9_9
- Cohen, M., Baudoin, R., Palibrk, M., Persyn, N., & Rhein, C. (2012). Urban biodiversity and social inequalities in built-up cities: New evidences, next questions. The example of Paris, France. *Landscape and Urban Planning*, 106(3), 277–287. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2012.03.007>
- Des Rosiers, F., Thériault, M., Kestens, Y., & Villeneuve, P. (2002). Landscaping and House Values: An Empirical Investigation. *Journal of Real Estate Research*, 23(1–2), 140–161.
- Dobbs, C., Escobedo, F. J., & Zipperer, W. C. (2011). A framework for developing urban forest ecosystem services and goods indicators. *Landscape and Urban Planning*, 99(3–4), 196–206. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2010.11.004>
- Dobbs, C., Hernández-Moreno, Á., Reyes-Paecke, S., & Miranda, M. D. (2018). Exploring temporal dynamics of urban ecosystem services in Latin America: The case of Bogota (Colombia) and Santiago (Chile). *Ecological Indicators*, 85, 1068–1080. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.11.062>
- Dobbs, C., Kendal, D., & Nitschke, C. R. (2014). Multiple ecosystem services and disservices of the urban forest establishing their connections with landscape structure and sociodemographics. *Ecological Indicators*, 43, 44–55. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.02.007>
- Donovan, G. H. (2017). Including public-health benefits of trees in urban-forestry decision making. *Urban Forestry and Urban Greening*, 22, 120–123. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2017.02.010>

- Dupras, J., & Alam, M. (2015). Urban Sprawl and Ecosystem Services: A Half Century Perspective in the Montreal Area (Quebec, Canada). *Journal of Environmental Policy & Planning*, 17(2), 180–200. <https://doi.org/10.1080/1523908X.2014.927755>
- Egerer, M., Ordóñez, C., Lin, B. B., & Kendal, D. (2019). Multicultural gardeners and park users benefit from and attach diverse values to urban nature spaces. *Urban Forestry and Urban Greening*, 46(126445). <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2019.126445>
- Gómez-Baggethun, E., Gren, Å., Barton, D. N., Langemeyer, J., McPhearson, T., O'Farrell, P., ... Kremer, P. (2013). Urban Ecosystem Services. In *Urbanization, Biodiversity and Ecosystem Services: Challenges and Opportunities* (pp. 175–251). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-7088-1>
- Gould, K. A., & Lewis, T. L. (2016). *Green gentrification: Urban sustainability and the struggle for environmental justice*. New-: Routledge.
- Grimm, P. (2010). Social desirability bias. *Wiley international encyclopedia of marketing*.
- Hole, A. R. (2007). A comparison of approaches to estimating confidence intervals for willingness to pay measures. *Health Economics*, 16, 827–840. <https://doi.org/10.1002/hec>
- Jennings, V., & Bamkole, O. (2019). The relationship between social cohesion and urban green space: An avenue for health promotion. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(3). <https://doi.org/10.3390/ijerph16030452>
- Kaplan, S. (1987). Aesthetics, affect, and cognition: Environmental Preference from an Evolutionary Perspective. *Environment and Behavior*, 19(1), 3–32. <https://doi.org/10.1177/0013916587191001>
- Kendal, D., Williams, N. S. G., & Williams, K. J. H. (2012). Drivers of diversity and tree cover in gardens, parks and streetscapes in an Australian city. *Urban Forestry and Urban Greening*, 11(3), 257–265. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2012.03.005c>
- Kuo, F. E., & Sullivan, W. C. (2001). Environment and Crime in the Inner City: Does Vegetation Reduce Crime. *Environment and Behavior*, 33(3), 343–367. <https://doi.org/10.1177/0013916501333002>
- Kusmane, A. S., Ile, U., & Ziemelniece, A. (2019). Importance of Trees with Low-growing Branches and Shrubs in Perception of Urban Spaces. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 471(092061). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/471/9/092061>
- Landry, F., Dupras, J., & Messier, C. (2020). Convergence of urban forest and socio-economic indicators of resilience: A study of environmental inequality in four major cities in eastern Canada. *Landscape and Urban Planning*, 202(October 2019). <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2020.103856>
- Landry, S. M., & Chakraborty, J. (2009). Street trees and equity: Evaluating the spatial distribution of an urban amenity. *Environment and Planning A*, 41(11), 2651–2670. <https://doi.org/10.1068/a41236>
- Lindemann-Matthies, P., & Bose, E. (2008). How many species are there? Public understanding and awareness of biodiversity in Switzerland. *Human Ecology*, 36(5), 731–742. <https://doi.org/10.1007/s10745-008-9194-1>
- Lis, A., Pardela, Ł., Can, W., Katlapa, A., & Rabalski, Ł. (2019). Perceived danger and landscape preferences of walking paths with trees and shrubs by women. *Sustainability (Switzerland)*, 11(17), 24–28. <https://doi.org/10.3390/su11174565>
- Lyytimäki, J., & Sipilä, M. (2009). Hopping on one leg - The challenge of ecosystem disservices for urban green management. *Urban Forestry and Urban Greening*, 8(4), 309–315. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2009.09.003>
- Manes, F., Incerti, G., Salvatori, E., Vitale, M., Ricotta, C., & Costanza, R. (2012). Urban ecosystem services : tree diversity and stability of tropospheric ozone removal. *Ecological Applications*, 22(1), 349–360.
- Molina, M. J., & Molina, L. T. (2004). Megacities and atmospheric pollution. *Journal of the Air and Waste Management Association*, 54(6), 644–680. <https://doi.org/10.1080/10473289.2004.10470936>
- Morgenroth, J., Nowak, D. J., & Koeser, A. K. (2020). DBH distributions in America's urban forests-An overview of structural diversity. *Forests*, 11(2). <https://doi.org/10.3390/f11020135>
- Nesbitt, L., Meitner, M. J., Girling, C., & Sheppard, S. R. J. (2019). Urban green equity on the ground: Practice-based models of urban green equity in three multicultural cities. *Urban Forestry and Urban Greening*, 44(March), 126433. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2019.126433>
- Nowak, D. J., Crane, D. E., & Stevens, J. C. (2006). Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States. *Urban Forestry and Urban Greening*, 4(3–4), 115–123. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2006.01.007>

- Oke, T. R. (1973). City size and the urban heat island. *Atmospheric Environment*, 7, 769–779.
- Oke, T. R. (1982). The energetic basis of the urban heat island. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 108(455), 1–24. <https://doi.org/10.1002/qj.49710845502>
- Pathak, V., & Tripathi, B. D. (2008). Dynamics of traffic noise in a tropical city Varanasi and its abatement through vegetation. *Environmental Monitoring Assessment*, (146), 67–75. <https://doi.org/10.1007/s10661-007-0060-1>
- Pham, T. T. H., Apparicio, P., Séguin, A. M., Landry, S., & Gagnon, M. (2012). Spatial distribution of vegetation in Montreal: An uneven distribution or environmental inequity? *Landscape and Urban Planning*, 107, 214–224. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2012.06.002>
- Proshansky, H. M., Fabian, A. K., & Kaminoff, R. (1983). Place-identity: Physical world socialization of the self. *Journal of Environmental Psychology*, 3, 57–83. <https://doi.org/10.4324/9781315816852>
- Rossi Jost, F. (2019). and Access to Public Parks. *Linköpings universitet SE-?-581*.
- Sander, H., Polasky, S., & Haight, R. G. (2010). The value of urban tree cover: A hedonic property price model in Ramsey and Dakota Counties, Minnesota, USA. *Ecological Economics*, 69(8), 1646–1656. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2010.03.011>
- Schwarz, K., Fragkias, M., Boone, C. G., Zhou, W., McHale, M., Grove, J. M., ... Cadenasso, M. L. (2015). Trees grow on money: Urban tree canopy cover and environmental justice. *PLoS ONE*, 10(4), 1–17. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0122051>
- Statistique Canada. 2017. Québec, V [Subdivision de recensement], Québec et Québec, TÉ [Division de recensement], Québec (tableau). Profil du recensement, Recensement de 2016, produit n° 98-316-X2016001 au catalogue de Statistique Canada. Ottawa. Diffusé le 29 novembre 2017. <https://www12.statcan.gc.ca/census-recensement/2016/dp-pd/prof/index.cfm?Lang=F> (site consulté le 15 septembre 2021).
- Tews, J., Brose, U., Grimm, V., Tielborger, K., Wichmann, M. C., Schwaiger, M., & Jeltsch, F. (2004). Animal species diversity driven by habitat heterogeneity/diversity: the importance of keystone structures. *Journal of Biogeography*, 31, 79–92.
- Triguero-mas, M., Dadvand, P., Cirach, M., Martínez, D., Medina, A., Mompert, A., ... Nieuwenhuijsen, M. J. (2015). Natural outdoor environments and mental and physical health : Relationships and mechanisms. *Environment International*, 77, 35–41. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2015.01.012>
- Turner-Skoff, J. B., & Cavender, N. (2019). The benefits of trees for livable and sustainable communities. *Plants, People, Planet*, 1(4), 323–335. <https://doi.org/10.1002/ppp3.39>
- UCLA School of Law. (2019). Priced Out, Pushed Out, Locked Out: How Permanent Tenant Protections Can Help Communities Prevent Homelessness and Displacement in LA County. Los Angeles. Retrieved from <https://www.libertyhill.org/news/reports/priced-out-locked-out-pushed-out/>
- United Nations. (2019). World Urbanization Prospects - The 2018 revision (Vol. 12). New-York. Retrieved from <https://population.un.org/wup/Publications/Files/WUP2018-Report.pdf>
- Ville de Québec (2016) Vision de l'Arbre. https://www.ville.quebec.qc.ca/apropos/planification-orientations/environnement/milieuxnaturels/docs/vision_arbre_2015_2025.pdf (consulté le 5 octobre 2021)
- Ville de Québec (2021a) Arbres répertoriés. https://www.donneesquebec.ca/recherche/dataset/vque_26 (consulté le 5 octobre 2021)
- Ville de Québec (2021b) Budget de fonctionnement et d'investissement. https://www.ville.quebec.qc.ca/apropos/profil-financier/docs/Budget2021_Detaille.pdf
- Wolch, J., Jerrett, M., Reynolds, K., McConell, R., Chang, R., Dahmann, N., ... Berhane, K. (2011). Childhood obesity and proximity to urban parks and recreational resources: A longitudinal cohort study. *Journal of Health and Place*, 17(1), 207–214. <https://doi.org/10.1016/j.health-place.2010.10.001>. Childhood
- Wood, S.L.R., Dupras, J., Delagrangé, S., Voyer, A., Gélinas, N., Da Silva, L. (2018), La valeur économique des services écosystémiques rendus par les arbres municipaux de la Ville de Québec Ouranos. 40 p.
- You, Y., & Pan, S. (2020). Urban Vegetation Slows Down the Spread of Coronavirus Disease (COVID-19) in the United States. *Geophysical Research Letters*, 47(18), 1–9. <https://doi.org/10.1029/2020GL089286>